

고속엘리베이터의 주행 중 실내소음의 음질평가

Sound Quality evaluation of inside noise under a driving of High-speed Elevator

정재은* · 양인형* · 윤지현* · 이정윤** · 오재응†

Jae-Eun Jeong, In-Hyung Yang, Ji-Hyun Yoon, Jung-Youn Lee and Jae-Eung Oh

1. 서 론

건물이 고층화됨에 따라 고속엘리베이터의 수요 또한 늘고 있다. 현재 500m/min 이상의 고속엘리베이터에 대한 기술적 구현과 적용은 이루어지고 있으나, 고속화로 인하여 발생하는 소음에 대한 문제가 제기되고 있는 실정이다. 엘리베이터가 500m/min 이상의 고속주행을 할 경우, 수평진동을 제어하기 위한 능동 가이드레일과 롤러 및 로프, 좁은 승강로에서의 고속주행으로 인한 풍절음 등이 소음 발생의 주요 원인이 된다. 특히, 고속 엘리베이터의 경우, 대부분 승객의 수송을 목적으로 하므로 Cage 내 소음 발생은 승객으로 하여금 불안감과 불쾌감을 유발할 수 있다. Cage 내 소음 저감을 위하여 벽면의 기밀성 유지와 흡차음재 부착 등을 적용하고 있으나, 특히 1000Hz 이하의 중저주파수에 대해선 충분한 효과를 거두지 못하고 있는 실정이다. Cage 내의 기밀성이 완벽하지 않다면 흡차음재를 통한 소음 저감은 실효를 거두기 어렵다. 유입되는 음의 에너지를 저감시킨 것이 아닌 흐름을 변경시킨 것이기 때문이다. 그러므로, 일정한 양의 에너지가 유입되는 상태라면 감성공학적 접근인 음질 분석 및 개선을 통하여 탑승자에게 보다 '상쾌한' 소음을 청감할 수 있도록 하는 것이 유리하다.

본 연구에서는 최고속도 600m/min 으로 51층까지 운행할 수 있는 고속엘리베이터에 대하여 실내 소음을 측정하고 cage 내로 유입되는 소음에 대하여 감성공학적 접근을 통해 음질평가를 수행하였다.

2. 고속엘리베이터 소음 측정

† 교신저자; 정희원, 한양대 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : 02-2220-0452 , Fax : 02-2299-3153

* 한양대학교 기계공학과

** 경기대학교 기계시스템공학과

고속엘리베이터 실내 소음의 음질평가를 위한 소음 측정은 탑승자의 귀 위치를 고려하여 160cm 높이에서 진행하였다. 또한 주행조건은 고속엘리베이터가 최고속도로 운행할 수 있도록 하면서 층수를 달리하여 하강 및 상승 조건에 따라 총 12개의 소음을 측정하였다. Fig.1 에 고속엘리베이터의 상승 및 하강 조건에서의 소음 측정 결과를 나타내었다. 100Hz 이하에서 속도에 따른 주파수 변화 양상을 파악할 수 있다. 이를 통하여 엘리베이터의 가속, 정속, 감속 구간을 확인할 수 있다. 또한 200Hz 근방에서 잡음에 가까운 신호가 측정됨을 확인할 수 있다.

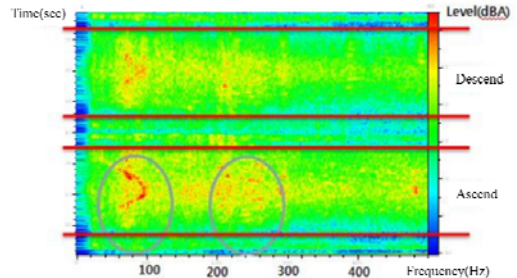


Fig. 1 Waterfall of elevator

3. 고속엘리베이터 실내소음의 음질평가

측정된 음원을 Zwicker의 4 parameter를 이용하여 객관적 음질평가를 진행하였다. 객관적 음질평가 결과는 table 1에 나타내었다.

미세한 차이의 소리를 인지하고 평가하기 위해서 주관적 평가 방법으로는 의미미분법을 사용하였다. 하나의 소리에 대해 여러 가지 항목의 질문을 하는 의미미분법의 경우 주관적 평가자들의 상호관계를 살펴보는 데도 유리하며 주관적 평가 결과와 음질요소와의 관계를 구체적으로 볼 수 있는 장점이 있다. 측정된 음원을 WAV 파일로 변환하여 사람들에게 들려주고 평가자들의 느낌에 따라 판단을 내려 평가자에 기입하도록 하여 청음평가를 진행하였다. 실

험은 12개의 소리를 대상으로 7단계 척도로 10개의 형용사쌍을 선정하였다.

Table 1 Result of sound quality parameters analysis

	Loudness	Roughness	Sharpness	Fluctuation
1	1.64	0.0025	0.273	0.0266
2	0.0129	0.00369	0	0.0147
3	1.02	0.0024	0.266	0.0226
4	0.244	0.00959	0.246	0.0159
5	0.689	0.0945	0.339	0.0116
6	0.609	0.0871	0.33	0.0142
7	0.336	0.0672	0.273	0.00541
8	0.276	0.0626	0.254	0.00593
9	0.687	0.103	0.336	0.0137
10	0.573	0.0972	0.312	0.0136
11	0.326	0.0606	0.268	0.00606
12	0.272	0.0543	0.239	0.00553

10개의 형용사쌍은 ‘조용한-시끄러운’, ‘무딘-날카로운’, ‘부드러운-거친’, ‘안정적인-불안정한’, ‘고요한-요란한’, ‘유쾌한-불쾌한’, ‘차분한-어수선한’, ‘듣기좋은-듣기싫은’, ‘즐거움-괴로운’, ‘적막한-소란스러운’ 등이다. 위의 평가 기준에 의한 주관적 음질 평가 결과를 Table 2에 나타내었다. 점수는 10점 만점으로 환산하였고 점수가 높을수록 음질이 좋음을 나타낸다.

Table 2 Result of subjective sound quality evaluation

	quiet -loud	dull -sharp	smooth -rough	stable -unstable	Not annoying -annoying	pleasant- unpleasant	calm -messy	sonorous -harsh
1	2.32	5.71	4.64	5.54	3.04	3.21	5	3.04
2	5	4.29	4.29	4.64	4.46	3.75	3.39	3.39
3	3.39	5.71	5.18	5.71	4.46	3.39	4.46	3.39
4	5.36	4.64	4.46	3.75	4.82	3.21	4.11	3.75
5	6.07	6.25	6.07	5.71	5	3.39	5	4.29
6	8.04	5.54	5.54	6.07	8.04	5	7.32	5.36
7	6.43	6.61	6.43	6.25	5.18	4.29	5.89	3.93
8	7.86	6.07	6.43	7.14	7.5	4.64	5.71	5
9	4.82	4.64	4.11	4.29	3.75	3.75	3.75	4.29
10	5	5	4.29	4.64	5.18	4.29	5.71	4.64
11	5.71	5.54	5.89	6.07	5.89	4.64	6.61	4.64
12	6.25	5.71	6.07	6.43	5.54	4.11	6.43	4.82

객관적 음질평가와 주관적 음질평가 간의 통계처리를 통하여 직선적인 관련 정도를 파악하고 상관도가 낮은 4쌍의 형용사를 삭제하였다. 객관적 음질평가와 주관적 음질평가 간의 상관도를 Table 3에 나타내었다

Table 3 Correlation between Objective and Subjective Sound Quality Analysis

	quiet -loud	dull -sharp	smooth -rough	stable -unstable	Not annoying -annoying	pleasant- unpleasant
Loudness	0.696	0.15	0.02	0.69	0.759	0.825
Roughness	0.537	0.769	0.729	0.329	0.406	0.227
Sharpness	0.491	0.439	0.512	0.695	0.702	0.742
Fluctuation	0.514	0.059	-0.063	0.578	0.655	0.748

최종적으로 객관적 음질평가와 주관적 음질평가

사이의 관계 분석을 위해 회귀 분석을 실시하였다.

음질을 나타내는 음질인자들이 독립적인 것이 아니라 상호 연관이 있으므로 회귀식 도출을 위해 모든 음질인자를 대입하여 음질점수를 나타내었다. 다중회귀분석을 통하여 회귀식을 도출하였고 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다.



Fig. 2 Subjective response versus predicted results by multiple linear regression method for the data from SDM about feeling

모든 형용사에 대하여 70% 이상의 R^2 을 보였으며 이는 향후 엘리베이터 음질평가를 신뢰성 있게 수행하는데 활용될 수 있음을 나타낸다.

4. 결론

고속엘리베이터 내부 소음의 정량적 평가를 위해 음질평가를 실시하였으며, 객관적/주관적 음질평가의 회귀분석을 통해 신뢰성 있는 음질 인덱스를 구축하였다.

향후 고속엘리베이터 내부 소음의 음질을 향상 시키기 위해 음질인덱스가 소음 개선 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.